Il **campo elettromagnetico** è un fenomeno ondulatorio, costituito dalla combinazione del **campo elettrico** e del **campo magnetico**. È generato localmente da **qualunque carica elettrica** e **corrente elettrica variabili nel tempo.** Esso inoltre si propaga nello spazio sotto forma di onde elettromagnetiche senza bisogno di alcun supporto materiale. Nello specifico, nel vuoto viaggia alla **velocità della luce**.

Un'onda elettromagnetica rappresenta la propagazione nello spazio dell'energia del campo elettromagnetico. Essa quindi trasporta energia la cui sorgente è un'accelerazione di carica elettrica.

Per facilitare la comprensione dei fenomeni legati alle onde elettromagnetiche, faremo degli esempi riferendoci alla luce visibile, essendo essa stessa un'onda elettromagnetica.

In fisica ottica si assume che il raggio luminoso non si comporti **come un'onda** ma come **una particella,** per cui il suo moto, tralasciando eventuali forze esterne che possano interferire, avverrà seguendo una linea retta. Questa assunzione serve a semplificare lo studio della luce e dei relativi fenomeni.

Cosa sono i fenomeni di **riflessione** e **rifrazione**? Dato un raggio di luce e una superficie di separazione parzialmente trasparente (ad esempio il confine tra aria e acqua) che divide due mezzi diversi (aria e acqua) attraverso cui viaggia il raggio. Quando il raggio incontra la superficie di separazione si generano 2 raggi:

-un **raggio riflesso**, quello che viene riflesso dalla superficie nella direzione opposta;

-un **raggio rifratto** che entra nel secondo mezzo e si propaga cambiando la sua traiettoria a seconda della densità del mezzo. Il cambio di direzione è detto rifrazione.

Riflessione della luce

Innanzitutto, dobbiamo sapere che il **raggio incidente** (pensiamo ad esempio una lampadina che emette luce), il raggio riflesso, il raggio rifratto e la perpendicolare alla superficie, detta normale, si trovano tutti sullo stesso piano.

Secondo la legge della riflessione, l'angolo di riflessione è uguale all'angolo di incidenza, "i".

Se la superficie riflettente è uno specchio piano, quando il raggio luminoso viene riflesso, si ottiene la cosiddetta **immagine virtuale**, ossia abbiamo l'impressione che all'interno dello specchio ci sia un'altra sorgente di luce.

L'immagine che otteniamo è detta "virtuale" perché in realtà non esiste una seconda fonte luminosa che generi una nuova immagine. L'immagine è il prolungamento dei raggi riflessi.

Rifrazione della luce

Quando si ha una rifrazione? Come visto sopra, si ha rifrazione quando il raggio di luce incidente viene deviato nel passaggio dal primo al secondo mezzo lungo cui si sta propagando.

L'angolo di rifrazione dipende dalla **densità del secondo mezzo:**

se il secondo mezzo è più denso del primo, ad esempio l'acqua è più densa dell'aria, il raggio rifratto è quasi perpendicolare alla **superficie di separazione**. L'aria ha un indice di rifrazione minore rispetto all'acqua. Quindi, l'angolo incidente è superiore all'angolo rifratto. Se il secondo mezzo è meno denso, il raggio si comporta in maniera opposta.

La diffrazione è la proprietà delle onde di aggirare gli ostacoli ed è tanto più evidente quanto più la fenditura che l'onda attraversa ha dimensioni vicine alla lunghezza d'onda. In altri termini, la diffrazione e' un fenomeno fisico associato alla propagazione delle onde, i cui effetti sono rilevanti quando un'onda incontra un ostacolo o una fenditura le cui dimensioni sono comparabili o minori rispetto alla propria lunghezza d'onda. Per il principio di Huygens-Fresnel, dopo che la luce ha attraversato una fenditura, ogni punto della fenditura si comporta come se fosse a sua volta una sorgente di onde circolari e queste onde interagiscono tra loro mediante il fenomeno dell'interferenza. La diffrazione e' in effetti l'interferenza tra le diverse parti dell'onda che avviene dopo che l'onda stessa ha incontrato un ostacolo.

L'interferenza è la capacità delle onde di attraversarsi reciprocamente. Si parla di:

-interferenza costruttiva: onde concordi che si incontrano sommando gli effetti per poi riassumere le caratteristiche iniziali;

-interferenza distruttiva: onde opposte diminuiscono gli effetti per poi riprendere le caratteristiche iniziali.

Le grandezze fisiche che caratterizzano un'onda sono: la velocità di propagazione (v), la lunghezza d'onda e la frequenza.

La **lunghezza d'onda** è la distanza tra due creste, o gole successive. Essa dipende dal mezzo di propagazione e dalla frequenza della sorgente che pulsa all'interno del mezzo.

La **frequenza d'onda** (f) è il numero di creste, o gole, che passano in un dato punto della superficie in un secondo. E' una grandezza scalare che si misura in Hertz, o cicli al secondo. Dipende dal ritmo di pulsazione della sorgente, ossia la frequenza della sorgente e non dipende dal mezzo di trasporto.

Il **periodo** (T) di un'onda è l'intervallo di tempo che intercorre tra il passaggio di due creste da uno stesso punto della superficie. Matematicamente è il reciproco della frequenza.

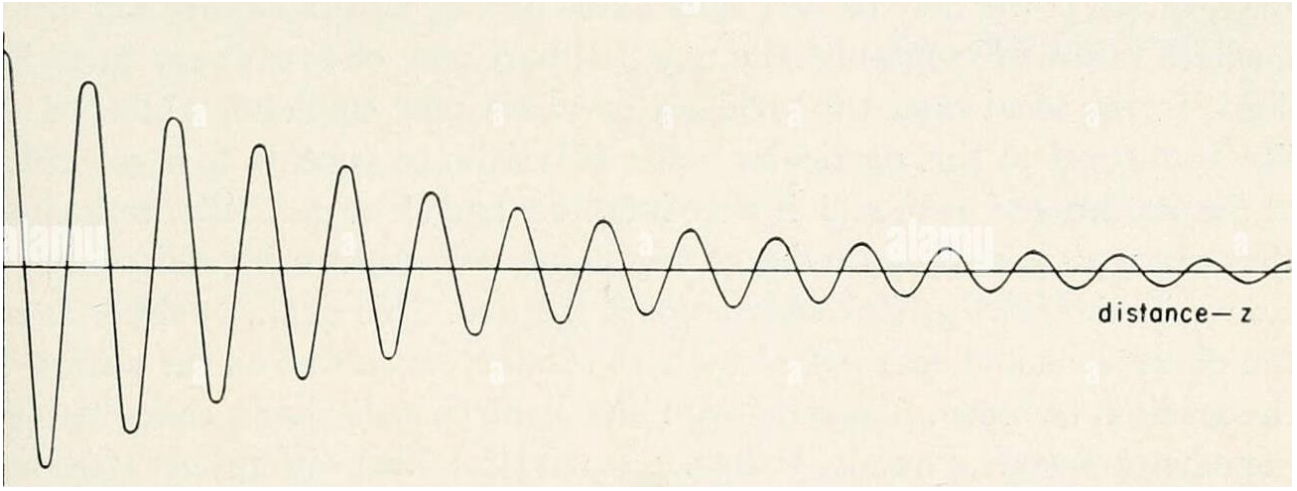
L'ampiezza d'onda rappresenta il massimo spostamento delle molecole del mezzo dalla loro posizione di equilibrio. Essa dipende in modo proporzionale dall'energia trasportata dall'onda.

Ora che abbiamo descritto i suddetti fenomeni, possiamo introdurre il seguente concetto che serve in pratica a "misurarli"

Attenuazione

Descrive la diminuzione dell'ampiezza dell'onda elettromagnetica man mano che si propaga nello spazio o attraverso un mezzo specifico

Una considerazione importante da fare è quella di osservare che raddoppiando la distanza del collegamento, l'attenuazione in spazio libero tra antenne isotrope in funzione della distanza e per varie frequenze, subisce un incremento pari **a** 6 **dB.**



Modulazione dei segnali

E' conveniente modulare un segnale per le seguenti ragioni:

1) se i segnali devono essere trasmessi mediante onde radio (comunicazione wireless) è necessario che l'antenna (in trasmissione come in ricezione) abbia una lunghezza proporzionale alla lunghezza d'onda; Immaginiamo un'antenna progettata in banda fonica……..realizzare antenne di queste dimensioni sarebbe improponibile;
2) modulando un segnale a frequenze diverse, è possibile far transitare su un mezzo trasmissivo più segnali (vale sia per lo spazio che per la trasmissione su portante fisico come il rame o la fibra ottica), quindi più utenze — ad esempio — possono telefonare contemporaneamente (FDM: multiplazione a divisione di frequenza);
3) i mezzi trasmissivi hanno un **miglior rendimento ovvero miglior risposta in** frequenza a frequenze più elevate o comunque diverse dalla banda base del segnale originario;
4) si ha infine una **semplificazione dei circuiti adottati per la trasmissione e la ricezione dei segnali.**

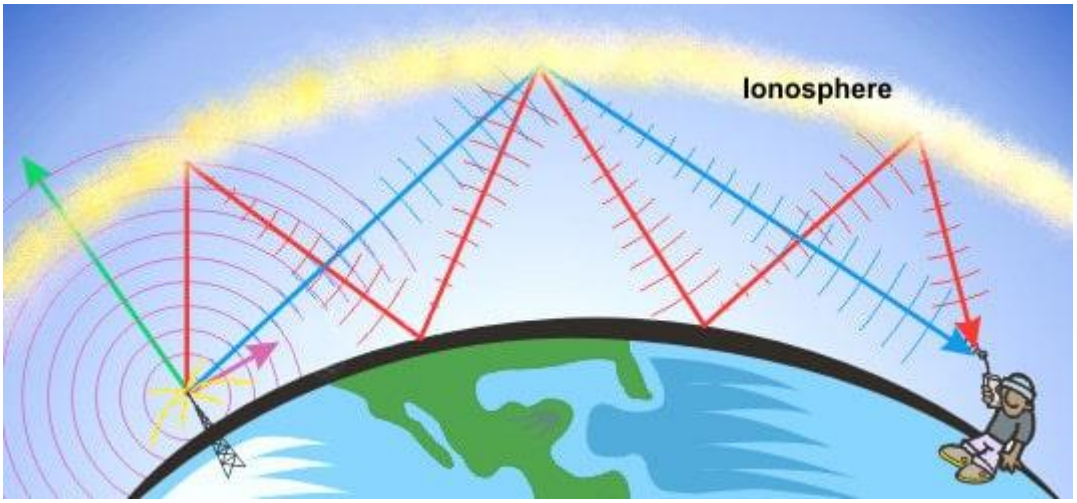
Per comprendere la **radiopropagazione** dobbiamo fare anche un piccolo cenno storico

La **ionosfera**, è in grado di modificare la propagazione delle onde elettromagnetiche che la incontrano e la attraversano.

È proprio grazie a questa che Guglielmo Marconi effettuò il primo radiocollegamento senza fili tra il Canada e la Cornovaglia nel 1901.

All'epoca non aveva né un nome, né una spiegazione scientifica. Solo nel 1924 ne fu dimostrata l'esistenza.

La ionosfera è la **fascia dell'atmosfera** nella quale le radiazioni del Sole, e in misura molto minore i raggi cosmici provenienti dallo spazio, provocano la **ionizzazione dei gas** componenti. La ionosfera si estende fra i 60 e i 450 km di altitudine dalla superficie terrestre. Può essere ulteriormente divisa in strati evidenziandone le diverse proprietà elettriche, dovute alle variazioni di composizione e dell'intensità di radiazione solare ricevuta. Risulta quindi che i raggi UV e raggi X svolgono importante fonte di fotoionizzazione sopra i 60km. La ionizzazione rende l'aria elettricamente conduttiva. Di conseguenza la ionosfera svolge un ruolo importante in alcune applicazioni radio; nello spettro della radiofrequenza, un'onda incidente, su uno strato ionizzato può essere totalmente riflessa (a causa della saturazione elettronica della materia) sotto opportune condizioni, al contrario di quanto accade nell'atmosfera non ionizzata (il cui indice di rifrazione presenta variazioni generalmente troppo piccole per produrre la riflessione totale di un'onda, che in parte viene assorbita e dispersa). Di conseguenza, è possibile utilizzare un modello di propagazione basato su riflessioni multiple fra la superficie terrestre e la ionosfera. Questo tipo di propagazione è abbastanza efficiente per frequenze inferiori ai 30 MHz, le cosiddette onde corte (HF), tipicamente utilizzate dalle trasmissioni a più lunga distanza.



Effetti meteorologici

È dimostrato che esiste una interazione tra ionosfera e bassa atmosfera. La propagazione in HF è governta prevalentemente all'interno della ionosfera, di conseguenza la situazione meteorologica non e' l'elemento più importante, visto che le riflessioni dei segnali sono dovute agli strati soprastanti la troposfera (regione dell'atmosfera terrestre dove si sviluppano i fenomeni metereologici). Bisogna tenere presente però che i treni di onde si propagano dalla bassa atmosfera, dove le regole dell'assorbimento sono governate da questo strato.